

文章编号: 1674-5566(2013)04-0538-07

大黄鱼(♀) × 鳊鱼(♂)杂交 F₁ 和大黄鱼初孵仔鱼盐度适应性的比较研究

赵 虎, 崔国强, 吕为群

(上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306)

摘 要: 比较了盐度对大黄鱼 *Pseudosciaena crocea* (♀) × 大黄鱼(♂) 自交 F₁ 和大黄鱼(♀) × 鳊鱼 *Müchthys müüy* (♂) 杂交 F₁ 初孵仔鱼存活的影响。将大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼从盐度 27 的海水中分别转移至盐度 12、17、22、27、32、37 和 42 的海水中。结果表明, 大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的存活率、平均存活时间(MST)、不投饵存活系数(SAI)随着盐度的升高呈下降趋势。在盐度 12~32 范围内, 杂交 F₁ 初孵仔鱼的 SAI 值高达 62.42~86.56, 明显比大黄鱼初孵仔鱼高(46.18~53.89)。在盐度 12 条件下, 大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的 MST 达到最大值, 分别为(10.69 ± 0.16) d 和(13.47 ± 0.35) d; 盐度 42 时, MST 降至最低(4.91 ± 0.27) d 和(6.30 ± 0.27) d。相同盐度下, 对大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的存活率下降趋势、半数死亡时间(DT₅₀)、平均存活时间(MST)和不投饵存活系数(SAI)的分析显示, 杂交 F₁ 初孵仔鱼具有更好的存活能力, 表现出较强的杂种优势。

研究亮点: 众学者关于鱼类杂交的研究多着眼于杂交子代在生长性能、抗逆性、抗病力和肉质等方面的杂种优势, 然而关于杂交子代在耐盐性方面的杂种优势研究尚少。本研究对大黄鱼(♀) × 鳊鱼(♂) 杂交和大黄鱼自交初孵仔鱼的耐盐性进行了对比分析, 为鱼类杂交子代在耐盐性方面的杂种优势研究提供了材料, 并为大黄鱼(♀) × 鳊鱼(♂) 杂交初孵仔鱼培育的盐度条件的选择奠定了依据。

关键词: 大黄鱼; 鳊鱼; 远缘杂交; 盐度

中图分类号: S 917; S 965.322

文献标志码: A

远缘杂交(distant hybridization)是指种间、属间乃至亲缘关系更远的生物类型之间的杂交^[1]。远缘杂交可以整合整套外源基因从而改变杂交后代基因的表达调控, 使得杂交后代可能在生长性能、抗逆性、抗病力以及肉质等方面表现出杂交优势^[2-6]。盐度是海水鱼类生长存活的重要环境因素之一, 在鱼类早期发育阶段盐度变化会对鱼类受精卵的孵化、卵黄的消耗、仔鱼的生长存活产生重大影响^[7-12]。李思发等^[13-14]对尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)与萨罗罗非鱼(*Sarotherodon melanotheron*)正反交鱼自繁后代 F₂ 进行研究表明: 两种正反交子代自繁后代 F₂ 的耐盐性均强于尼罗罗非鱼, 弱于萨罗罗非鱼。关键

等^[15]对褐牙鲈(*Paralichthys olivaceus*, ♀) × 犬齿牙鲈(*Paralichthys dentatus*, ♂) 杂交 F₁ 初孵仔鱼进行盐度耐受性研究发现: 杂交子代初孵仔鱼的盐度耐受力强于褐牙鲈初孵仔鱼。然而关于杂交子代在盐度适应性方面的杂种优势研究依然较少, 尚未有过属间杂交的研究报道。

王晓清等^[16]对大黄鱼(*Pseudosciaena crocea*, ♀)与鳊鱼(*Müchthys müüy*, ♂) 杂交 F₁ 的受精率、孵化率、遗传背景进行了报道, 然而关于大黄鱼与鳊鱼远缘杂交的研究依然较少。本研究以大黄鱼(♀) × 鳊鱼(♂) 属间远缘杂交 F₁ 初孵仔鱼和大黄鱼初孵仔鱼为实验材料。采用不同耐盐指标对两种初孵仔鱼的耐盐性进行比较分析,

收稿日期: 2013-03-04 修回日期: 2013-04-14

基金项目: 国家自然科学基金(31072228); 上海市科学技术委员会重点项目(10JC1406200)

作者简介: 赵 虎(1987—), 男, 硕士研究生, 研究方向为鱼类杂交育种。E-mail: zhaohu121@hotmail.com

通信作者: 吕为群, E-mail: wqlv@shou.edu.cn

研究大黄鱼(♀)×鲩鱼(♂)远缘杂交 F₁ 初孵仔鱼是否存在相对其母本的耐盐性优势;以期获得对盐度适应能力更强的新品种,为大黄鱼的种质改良及育苗提供借鉴和理论依据。

1 材料与方 法

1.1 人工授精与受精卵孵化

本实验于 2011 年 10 月 20 日至 2011 年 11 月 12 日在福建省宁德市横屿岛水产有限公司进行。大黄鱼(♀)×鲩鱼(♂)杂交与大黄鱼(♀)×大黄鱼(♂)自交均采用半干法人工受精。首先将采集到的大黄鱼和鲩鱼精液用精子稀释液(Hanks 溶液)^[17]稀释 30 倍后,保存于 4 ℃ 备用;然后采集大黄鱼卵,称重,并将其分成两份,其中 2/3 用于杂交,1/3 用于自交。受精卵孵化在黑色塑料桶(Φ:110 cm,H:90 cm)内充气进行,授精 2 h 后,取出气头,用虹吸管吸出沉在孵化桶桶底的死卵和未受精的卵;整个孵化过程中,每 6 h 换一次水,换水量为总水量的一半。受精卵孵化期间水温控制在(24±1) ℃,盐度 27,pH 8.0±0.5,NO₂-N≤0.1 mg/L,NH₃-N≤0.2 mg/L;光照强度≤100 lux,全光照。

1.2 试验方法与 设计

试验用水由以色列红海盐与经充分曝气的自来水配制而成。共设计 7 个盐度梯度,分别为 12、17、22、27、32、37 和 42,其中盐度 27 是自然海水的盐度,每个盐度 4 个重复,如图 1。试验以 500 mL 的烧杯作为实验容器,每个烧杯 50 尾初孵仔鱼;整个试验期间不投饵、不充气、不换水;每天上午 10:00 吸去死亡的仔鱼,并记录死亡的仔鱼数量,直到所有仔鱼死亡为止;死亡仔鱼的鉴定标准:鱼体倾翻,呈乳白色,用解剖针刺其无反应^[18]。

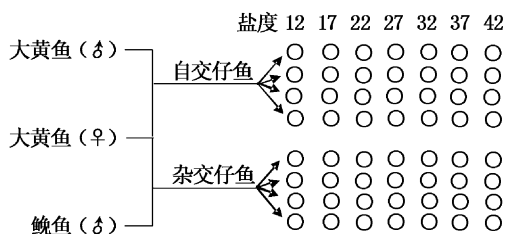


图 1 盐度耐受性试验流程

Fig. 1 The process of salinity tolerance test

1.3 耐盐指标

选取如下指标分别对大黄鱼初孵仔鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼进行盐度耐受力评判^[19]。

半数死亡时间(median death time, DT₅₀):将海水鱼从正常海水中移入低盐或高盐环境后至 50% 试验鱼死亡的时间(d)。

$$S_i = (N - h_i) / N \quad (1)$$

$$T_{MS} = \left(\sum_{i=1}^k n_i \cdot i \right) / N \quad (2)$$

$$I_{SA} = \sum_{i=1}^k (N - h_i) \times i / N \quad (3)$$

式中: S_i 为存活率; T_{MS} 为平均存活时间; I_{SA} 为不投饵存活系数; N 为试验初始时的仔鱼数; k 为仔鱼全部死亡所需的天数; n_i 为第 i 天仔鱼的死亡数; h_i 为第 i 天仔鱼的累计死亡数。

1.4 数据处理与统计分析

实验数据均用平均值±标准误(Mean±SE)表示;采用 SPSS 17.0 统计软件对各指标进行分析。若有显著性差异,再用 LSD 法(最小差异显著法)和 Duncan 氏法进行多重比较,以 P<0.05 为显著差异;用 GraphPad Prism 5.0 软件作图。

2 结果

2.1 不同盐度下大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的存活率

不同盐度条件下,大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的存活率如图 2、3。由图 2 可见,随着盐度的升高,大黄鱼初孵仔鱼的存活率下降加快,盐度 42 时,大黄鱼初孵仔鱼在第 5 日时已死亡过半,死亡率为 74.7%±10.6%;在盐度 12 时,直至第 11 日时才死亡过半,死亡率为 70.3%±2.9%。由图 3 可见,杂交 F₁ 初孵仔鱼与大黄鱼初孵仔鱼的存活率变化趋势一致,盐度 42 时,杂交 F₁ 初孵仔鱼在第 6 日时已死亡过半,死亡率为 75.0%±6.5%;在盐度 12 时,直至第 14 日时才死亡过半,死亡率为 57.9%±6.8%。从大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼在不同盐度下的全部死亡时间来看:大黄鱼初孵仔鱼的全部死亡时间从低盐到高盐分别为 14、13、13、12(自然海水盐度)、12、12 和 10 d,而杂交 F₁ 初孵仔鱼为 18、17、15、15、14、12 和 10 d,低盐组(12、17、22)较正常海水的全部死亡时间长,说明在低盐条件下大黄鱼和杂交 F₁ 初孵

仔鱼具有较高的存活力,较适应低盐环境;在相同盐度下,杂交 F_1 初孵仔鱼的全部死亡时间均较大黄鱼初孵仔鱼长,说明杂交 F_1 初孵仔鱼比大黄鱼初孵仔鱼有更好的盐度适应能力。

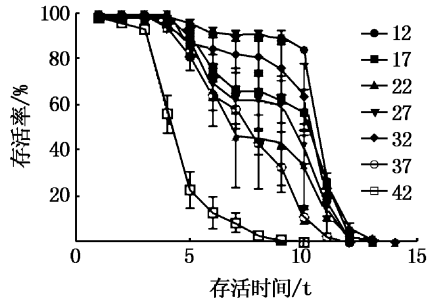


图2 不同盐度下大黄鱼初孵仔鱼的存活率
Fig.2 Survival rates of the newly hatched larvae of *P. crocea* at different salinity

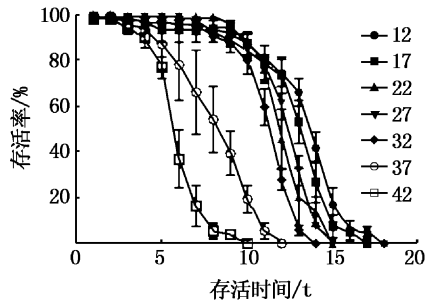


图3 不同盐度下杂交 F_1 初孵仔鱼的存活率
Fig.3 Survival rates of the newly hatched larvae of hybrid F_1 at different salinity

2.2 不同盐度下大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的半数死亡时间 (DT_{50})

大黄鱼初孵仔鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼在不同盐度下的半数死亡时间 (DT_{50}) 如图4。大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的 DT_{50} 随着盐度的升高呈下降的趋势,大黄鱼初孵仔鱼的 DT_{50} 分别为 (11.00、(10.50 ± 0.50)、(9.50 ± 0.65)、(9.50 ± 0.50)、(10.25 ± 0.48)、(7.75 ± 0.48) 和 (4.50 ± 0.29) d; 杂交 F_1 初孵仔鱼的 DT_{50} 分别 (14.25 ± 0.25)、(13.50 ± 0.50)、(12.25 ± 0.25)、(12.50 ± 0.29)、(11.50 ± 0.29)、(9.00 ± 0.41) 和 (6.25 ± 0.25) d, 盐度降至 12 时 DT_{50} 达到最高, 盐度升高至 42 时 DT_{50} 降至最低。相同盐度下, 各盐度组中杂交 F_1 初孵仔鱼的 DT_{50} 均显著高于大黄鱼初孵仔鱼 ($P < 0.05$), 说明在各个盐度下杂交 F_1 初孵仔鱼到达半数死亡的时间均较大黄鱼初孵仔鱼晚。

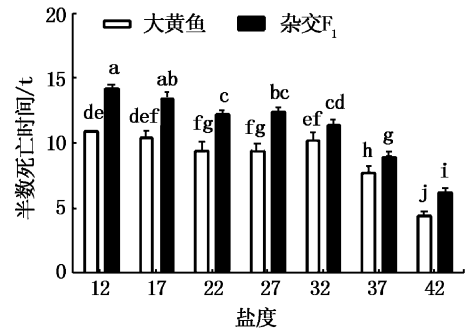


图4 不同盐度下大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的 DT_{50}
Fig.4 The DT_{50} of the newly hatched larvae of *P. crocea* and the hybrid F_1 at different salinity
图中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

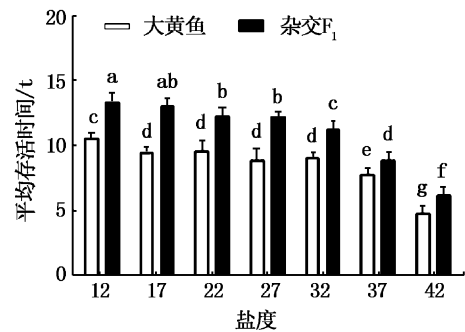


图5 不同盐度下大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的 MST
Fig.5 The MST of the newly hatched larvae of *P. crocea* and the hybrid F_1 at different salinity
图中不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.3 不同盐度下大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的平均存活时间 (MST)

大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼在不同盐度下的平均存活时间 (MST) 见图5。大黄鱼和杂交 F_1 仔鱼的 MST 均随着盐度的升高呈降低的趋势, 大黄鱼初孵仔鱼的 MST 分别为 (10.69 ± 0.16)、(9.52 ± 0.23)、(9.62 ± 0.44)、(8.92 ± 0.45)、(9.15 ± 0.21)、(7.84 ± 0.27) 和 (4.91 ± 0.27) d; 杂交 F_1 初孵仔鱼的 MST 分别为 (13.47 ± 0.35)、(13.14 ± 0.32)、(12.34 ± 0.32)、(12.40 ± 0.15)、(11.32 ± 0.31)、(8.98 ± 0.30) 和 (6.30 ± 0.27) d, 盐度降低至 12 时 MST 达到最高, 盐度升高至 42 时最低。在盐度 12 时, 大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼的 MST 均显著高于正常海水盐度组 ($P < 0.05$), 说明在低盐 (12) 环境下大黄鱼和杂交 F_1 初孵仔鱼均具有更强的存活能力。在相同盐度下, 各盐度组中杂交 F_1 初孵仔鱼的 MST 均显著 ($P < 0.05$) 高于大黄鱼初孵仔鱼, 说

明在各个盐度组中杂交 F₁ 初孵仔鱼的存活能力均较大黄鱼初孵仔鱼的存活能力强。

2.4 不同盐度下大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的不投饵存活系数(SAI)

大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼的不投饵存活系数(SAI)值见表 1、2。在盐度 12~32 范围内,杂交 F₁ 初孵仔鱼的 SAI 值均高于 60,特别是盐度

12~17 范围内 SAI 值高于 80,活力最佳;大黄鱼初孵仔鱼的 SAI 值处于 40~55 之间,在盐度 12 时达到最高值 53.89 ± 1.21 。在各个盐度下,对比杂交 F₁ 初孵仔鱼与大黄鱼初孵仔鱼的 SAI 值,杂交 F₁ 初孵仔鱼的 SAI 值均显著高于大黄鱼初孵仔鱼。

表 1 不同盐度条件下大黄鱼初孵仔鱼存活率及 SAI 值

Tab.1 The survival rates and SAI of the newly hatched larvae of *P. crocea* at different salinity

盐度	不同盐度下大黄鱼初孵仔鱼存活率/%													SAI
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	9 d	10 d	11 d	12 d	13 d	
12	100	99	99	99	95	93	92	92	91	85	30	11	0	53.89 ± 1.21
17	97	97	97	97	89	77	76	75	73	66	29	4	0	45.43 ± 1.42
22	100	100	100	100	94	89	84	83	79	62	21	3	0	46.78 ± 1.53
27	99	99	99	99	82	76	74	74	71	48	16	0	0	44.97 ± 1.74
32	100	100	100	96	90	89	88	87	86	74	17	0	0	46.18 ± 3.06
37	100	100	100	94	87	69	62	42	28	10	4	0	0	30.52 ± 1.49
42	98	96	93	61	25	15	10	4	0	0	0	0	0	10.72 ± 1.40

表 2 不同盐度条件下杂交 F₁ 初孵仔鱼存活率及 SAI 值

Tab.2 The survival rates and SAI of the newly hatched larvae of the hybrid F₁ at different salinity

盐度	不同盐度下杂交 F ₁ 初孵仔鱼存活率/%																	SAI
	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	8 d	9 d	10 d	11 d	12 d	13 d	14 d	15 d	16 d	17 d	
12	99	98	98	97	93	93	93	93	93	87	81	75	66	42	22	9	5	86.56 ± 2.88
17	99	99	99	96	96	96	95	94	94	88	79	74	54	27	14	5	0	82.36 ± 3.09
22	100	100	100	100	100	100	100	100	96	89	81	62	41	14	0	0	0	74.89 ± 2.23
27	100	99	99	99	99	99	98	93	89	85	79	62	32	7	0	0	0	72.80 ± 1.86
32	99	98	98	97	97	96	96	91	88	80	58	28	6	0	0	0	0	62.42 ± 1.74
37	100	100	99	99	99	94	85	69	49	25	10	0	0	0	0	0	0	38.81 ± 1.28
42	98	98	95	90	75	25	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	17.09 ± 1.62

3 讨论

3.1 盐度对大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼存活的影响

鱼类在不同发育时期通过相应的渗透压调节机制适应栖息地环境盐度变化^[20]。海水硬骨鱼仔鱼能够通过渗透压调节作用维持其体液渗透压保持在 11~16^[21-22]。鱼类体液渗透压和外界环境相差越小,渗透压调节作用耗能越少,鱼体可利用更多的能量用于生长和存活^[23]。本研究中,大黄鱼初孵仔鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼在低盐(12)环境中,存活率下降最慢,平均存活时间都达到最高值,存活力明显比其他盐度好,在低盐(12)环境中,初孵仔鱼自身的渗透压水平与环境渗透压相差较小,其用于渗透压调节的能量较少,

而用于生长存活能量相对增加,因而表现较好的存活力。据 LOTAN 报道,盐度 12 的水体是奥利亚罗非鱼(*Oreochromis aurea*)鱼体的等渗环境,用于渗透压调节的能量最小,生长最快^[24]。WOO 等^[25]将尼罗罗非鱼置于不同盐度的水体中进行饲养,结果表明:在与鱼体液等渗盐度(盐度 15)条件下,血清中甲状腺激素浓度最高,肠内胰蛋白酶活性最强,鱼体生长最快。而在高盐(42)环境中,初孵仔鱼的存活率随时间的推移下降较快,可能是由于初孵仔鱼自身的渗透压水平与外界环境相差太大,初孵仔鱼无法维持正常的机体内环境平衡、各种生理活动无法正常进行,导致初孵仔鱼的高死亡率。本实验结果显示,大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼较适宜较低盐度的环境,而不适应较高盐度的环境。

3.2 盐度对大黄鱼和杂交 F₁ 初孵仔鱼 SAI 值的影响

初孵仔鱼存活时间的长短与受精卵质量、内源性营养物质的含量及仔鱼生活环境有关,盐度是影响胚后仔鱼生长发育的重要环境因子之一^[26-27]。当环境盐度超出初孵仔鱼的适应范围,仔鱼因无法对盐度胁迫进行缓解而死亡。不投饵仔鱼存活系数(SAI)是用来判断仔鱼的存活能力的重要指标,SAI值越高,仔鱼的存活力越强,苗种培育成活率就越高^[15]。有研究报道:七带石斑鱼(*Epinephelus septemfasciatus*)卵黄囊仔鱼的SAI值在适宜盐度范围(30~35)时,达23.27~24.7,而在高盐(45)和低盐(10)条件下将低至0.85~1.0^[28];卵形鲳鲹(*Trachinotus ovatus*)初孵仔鱼的SAI值在盐度25~30时,高达44.19~47.44,在高盐和低盐条件下降低至1.0~3.17^[29]。本实验结果显示:大黄鱼初孵仔鱼在盐度12~32范围内SAI值高达46.18~53.89,盐度42时降至最低值10.72±1.40;杂交F₁初孵仔鱼在盐度12~32范围内SAI值高达62.42~86.56,盐度42时降至最低值17.09±1.62。与上述两种海水鱼类相比,大黄鱼初孵仔鱼与杂交F₁初孵仔鱼均明显高于其他几种海水鱼,其中尤其是杂交F₁初孵仔鱼的SAI值在盐度12~17范围内高达82.36~86.56,其适盐范围(12~32)也比其他几种海水鱼宽。

3.3 耐盐性能的杂种优势

BLAXTER和HEMPEL^[30]最早提出了“不可逆点”(the point-of-no return, PNR)的概念,不投饵时的半数死亡时间为仔鱼进入PNR期的标志之一^[29]。根据大黄鱼和杂交F₁初孵仔鱼在不同盐度下的半数死亡时间(DT₅₀)结果可以初步确定在最适宜盐度(12)条件下,杂交F₁初孵仔鱼的PNR期的时间为(14.25±0.25)d,而大黄鱼初孵仔鱼为11.00d;对相同盐度下大黄鱼和杂交F₁初孵仔鱼的PNR(DT₅₀)进行对比可见,在各个盐度条件下,杂交F₁初孵仔鱼到达PNR期的时间均较大黄鱼初孵仔鱼长1.75~3.25d,表明杂交F₁初孵仔鱼的盐度耐受力明显强于大黄鱼初孵仔鱼,在耐盐性方面表现出较为明显的杂种优势。

由表2和表3可知,盐度12~32范围内,杂交F₁初孵仔鱼的SAI值达62.42~86.56,而大黄

鱼初孵仔鱼为46.18~53.89,杂交F₁初孵仔鱼的SAI值明显高于大黄鱼初孵仔鱼,表明杂交F₁初孵仔鱼的存活力明显强于大黄鱼初孵仔鱼。关键等^[15]对褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)种间杂交子一代初孵仔鱼的耐盐性杂种优势分析表明:在盐度高于10的范围内,杂交F₁初孵仔鱼的SAI值为10~40,褐牙鲆初孵仔鱼为5~35;而在盐度10~30范围内,杂交F₁初孵仔鱼的SAI值高达34.0~50.6,褐牙鲆初孵仔鱼的SAI值在19.73~29.7之间。与本研究结果相似,杂交F₁初孵仔鱼在盐度胁迫耐受方面均表现出较为明显的杂种优势。

BOPPENMAIER等^[31]认为在一定范围内,亲本间的遗传距离越大,杂种优势越明显。褐牙鲆与犬齿牙鲆分类上同属于牙鲆属(*Paralichthys*),两者之间的杂交属于种间杂交;而大黄鱼和鲑鱼在分类上分别属于大黄鱼属(*Pseudosciaena*)和鲑鱼属(*Müichthys*),两者之间的杂交属于属间杂交,亲缘关系更远。本研究中,在盐度12~32范围,大黄鱼(♀)×鲑鱼(♂)杂交F₁初孵仔鱼的SAI值达62.42~86.56,大黄鱼初孵仔鱼为46.18~53.89;而关键等^[15]研究表明:在盐度10~30范围内,褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)杂交F₁初孵仔鱼的SAI值达34.0~50.6,褐牙鲆初孵仔鱼的SAI值在19.73~29.7之间。表明大黄鱼与鲑鱼属间杂交F₁初孵仔鱼所表现出的杂种优势较褐牙鲆与犬齿牙鲆杂交F₁初孵仔鱼明显,这与BOPPENMAIER等^[31]观点一致。

综上所述,大黄鱼(♀)×鲑鱼(♂)杂交F₁初孵仔鱼与大黄鱼初孵仔鱼均能适应较低盐度的环境;杂交F₁初孵仔鱼在环境盐度适应性方面表现出明显的杂种优势。

参考文献:

- [1] 楼允东,李小勤.中国鱼类远缘杂交研究及其在水产养殖上的应用[J].中国水产科学,2006,13(1):151-158.
- [2] 徐革峰,尹家胜,牟振波,等.哲罗鲑(♀)×细鳞鲑(♂)的人工育苗技术初步研究[J].上海海洋大学学报,2010,19(2):178-183.
- [3] 王金龙,杨弘,吴婷婷.奥利亚罗非鱼×鳊杂交F₃与其母本含肉率及肌肉营养成分的比较分析[J].农业生物技术学报,2006,14(6):879-883.
- [4] 杨淞,卢迈新,黄章翰,等.荷那龙罗非鱼、橙色莫桑比克罗非鱼及其杂交F₁呼吸耗氧率的初步研究[J].水利渔业,2006,26(4):14-15.

- [5] 张玉勇,贾智英,石连玉,等. 虹鳟(♀)×山女鳟(♀)杂交 F₁ 及其亲本肌肉营养成分和肌肉质地的比较[J]. 动物学杂志,2009,44(6):89-95.
- [6] 何学军,李思发,韩风进,等. 红罗非鱼和尼罗罗非鱼正反交后代体色和生长性能的评价[J]. 水产科技情报,2002(4):147-152.
- [7] ZHANG G Y, SHI Y H, ZHU Y H, et al. Effects of salinity on embryos and larvae of tawny puffer *Takifugu flavidus* [J]. *Aquaculture*, 2010, 302: 71-75.
- [8] SWANSON C. Early development of milkfish; effects of salinity on embryonic and larval metabolism, yolk absorption and growth [J]. *Journal of Fish Biology*, 1996, 48: 405-421.
- [9] SAMPAIO L A, FREITAS L S, OKAMOTO M H, et al. Effects of salinity on Brazilian flounder *Paralichthys orbignyanus* from fertilization to juvenile settlement [J]. *Aquaculture*, 2007, 262: 340-346.
- [10] OYOO-OKOTH E, CHEROP L, NGUGI C N, et al. Survival and physiological response of *Labeo victorianus* (Pisces: Cyprinidae, Boulenger 1901) juveniles to transport stress under a salinity gradient [J]. *Aquaculture*, 2011, 319: 226-231.
- [11] 王贵宁,李兵,罗蕾,等. 温度及盐度对卵形鲳鲹仔鱼存活和发育的影响[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(6): 831-837.
- [12] 李兵,钟英斌,吕为群. 大黄鱼早期发育阶段对盐度的适应性[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(2): 204-211.
- [13] 李思发,颜标,张艳红,等. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼正反交自繁后代 F₂ 耐盐性、生长性能及亲本对杂种优势贡献力的评估[J]. 水产学报, 2008, 32(3): 335-340.
- [14] 李思发,颜标,张艳红,等. 尼罗罗非鱼与萨罗罗非鱼正反交后代耐盐性能的杂种优势及其与遗传的相关性的 SSR 分析[J]. 中国水产科学, 2008, 15(2): 189-197.
- [15] 关键,柳学周,兰春燕,等. 温度、盐度对褐牙鲆(♀)×犬齿牙鲆(♂)杂交子一代胚胎发育和仔鱼存活的影响[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(3): 31-37.
- [16] 王晓清,王志勇,谢中国,等. 大黄鱼(♀)与鲢(♂)杂交的遗传分析[J]. 水产学报, 2008, 32(1): 51-57.
- [17] 王仲庆. 水产生物遗传育种学[M]. 3版. 厦门: 厦门大学出版社, 2000: 320-321.
- [18] 孙丽华,陈浩如,王肇鼎. 盐度对军曹鱼胚胎和仔鱼发育的影响[J]. 生态科学, 2006, 25(1): 48-51, 55.
- [19] 娄忠玉,钱续. 福尔马林对银鲑鱼苗半致死浓度试验[J]. 水利渔业, 2003, 23(1): 58-58.
- [20] VARSAMOS S, NEBEL C, CHARMANTIER G. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 2005, 141: 401-429.
- [21] ALDERDICE D F. Osmotic and ionic regulation in teleost eggs and larvae [M]. *Fish Physiology* vol. XI Academic Press, San Diego, 1988: 163-251.
- [22] TYTLER P, BLAXER J H S. The Effects of external salinity on the drinking rates of larvae of herring, plaice and cod [J]. *Journal of Experimental Biology*, 1988, 138: 1-15.
- [23] SAMPAIO L A, BIANCHINI A. Salinity effects on osmoregulation and growth of the euryhaline flounder *Paralichthys orbignyanus* [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2002, 269: 187-196.
- [24] LOTAN R. Oxygen consumption in the gills of *Tilapia aurea* (Steindachner) (Pisces, Cichlidae) in various saline conditions [J]. *Israel J Zool*, 1966, 13(8): 33-37.
- [25] WOO N Y S. Enhancement of growth of tilapia *Oreochromis niloticus* in iso-osmotic medium [J]. *Aquaculture*, 1998, 15(2): 721-734.
- [26] YASUHISA M, TSUZUMI M. Effects of salinity on the embryonic development and larval survival activity index of red spotted grouper *Epinephelus akaara* [J]. *Saibai Giken*, 1993, 22(1): 35-38.
- [27] 王涵生,方琼珊,郑乐云. 盐度对赤点石斑鱼受精卵发育的影响及仔鱼活力的判断[J]. 水产学报, 2002, 26(4): 344-350.
- [28] 赵明,陈超,柳学周,等. 盐度对七带石斑鱼胚胎发育和卵黄囊仔鱼生长的影响[J]. 渔业科学进展, 2011, 32(2): 16-21.
- [29] 许晓娟,李加儿,区又君. 盐度对卵形鲳鲹胚胎发育和早期仔鱼的影响[J]. 南方水产, 2009, 5(6): 31-35.
- [30] BLAXTER J H S, HEMPEL G. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus*) [J]. *Journal du Conseil permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 1963, 28(2): 211-240.
- [31] BOPPENMAIER J, MELCHINGER A E, SEITZ G, et al. Genetic diversity for RFLPs in European maize inbreds III. Performance of crosses within versus between heterotic groups for grain traits [J]. *Plant Breed*, 1993, 111: 217-226.

Comparison of salinity tolerance of newly hatched larvae of *Pseudosciaena crocea* and hybrid F₁ of *Pseudosciaena crocea* (♀) × *Miichthys miiuy* (♂)

ZHAO Hu, CUI Guo-qiang, LÜ Wei-qun

(College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The effects of salinity on the survival of newly hatched larvae of *Pseudosciaena crocea* and the hybrid F₁ of *Pseudosciaena crocea* (♀) × *Miichthys miiuy* (♂) were investigated. The newly hatched larvae were transferred from sea water (salinity 27) to other seven salinities (12, 17, 22, 27, 32, 37, 42). The results showed that the survival rate, mean survival time (*MST*) and survival activity index (*SAI*) of the newly hatched larvae of large yellow croaker and hybrid F₁ are decreased following the increase of salinity. In the salinity range of 12 to 32, the *SAI* values of hybrid F₁ was up to 62.42 to 86.56 which was significantly higher than the large yellow croaker (46.18 to 53.89). At the salinity 12, the *MST* of large yellow croaker and hybrid F₁ reached the maximum value, (10.69 ± 0.16) d and (13.47 ± 0.35) d, and at the salinity 42, the *MST* reached a minimum value, (4.91 ± 0.27) d and (6.30 ± 0.27) d. The continued downward trend of survival rate, median death time (*DT*₅₀), mean survival time (*MST*) and survival activity index (*SAI*) of the newly hatched larvae of large yellow croaker and hybrid F₁ were compared at the same salinity. The results show that the newly hatched larvae of hybrid F₁ had stronger ability to survive during salinity changes, and showed strong heterosis.

Key words: *Pseudosciaena crocea*; *Miichthys miiuy*; distant hybridization; salinity